

Analisis Intervensi untuk Evaluasi Pengaruh Bencana Lumpur Lapindo dan Kebijakan Pembukaan Arteri Porong Terhadap Volume Kendaraan di Jalan Tol Waru-Gempol

Ratna Pratiwi, Dwiatmono Agus Widodo, dan Suhartono
Jurusan Statistika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: dwiatmono@statistika.its.ac.id

Abstrak— Jalan tol Surabaya-Gempol merupakan salah satu jalur transportasi yang sangat vital bagi kehidupan perekonomian di Jawa Timur. Sebuah fenomena semburan lumpur panas Lapindo Brantas di kecamatan Porong menyebabkan ruas jalan tol Porong tergenang dan harus ditutup. Untuk mengatasi kemacetan yang diakibatkan oleh peristiwa tersebut, PT. Jasa Marga meresmikan pembukaan jalan arteri Porong. Untuk mengevaluasi dampak dari peristiwa tersebut dilakukan pemodelan terhadap volume kendaraan di jalan tol Waru-Gempol menggunakan model intervensi. Berdasarkan model dari data volume kendaraan dari bulan Januari 2003 sampai dengan Desember 2013, ada empat kejadian yang berpengaruh terhadap volume kendaraan, yaitu kenaikan harga BBM, bencana lumpur Lapindo, jebolnya tanggul lumpur dan pembukaan arteri Porong. Hasil analisis menunjukkan bahwa empat kejadian tersebut memberikan dampak pada beberapa gerbang tol dan golongan kendaraan tertentu. Besarnya peramalan volume kendaraan di jalan tol Waru-Gempol untuk satu tahun kedepan adalah 29.782.711 kendaraan. Sehingga prediksi pendapatan untuk periode satu tahun kedepan adalah Rp. 156.214.426.500.

Kata Kunci—Intervensi, Lumpur Lapindo, Pembukaan Arteri Porong, Volume Kendaraan

I. PENDAHULUAN

Jalan tol merupakan salah satu fasilitas penunjang dalam proses pertumbuhan dan pemerataan perekonomian di suatu daerah, salah satunya adalah jalan tol Surabaya-Gempol. Jalan tol Surabaya-Gempol merupakan salah satu jalur transportasi yang sangat vital bagi kehidupan perekonomian Jawa Timur. Sebuah fenomena semburan lumpur panas Lapindo Brantas pada tanggal 26 Mei 2006 mengakibatkan terendamnya ruas jalan tol Surabaya-Gempol yang berakibat pada penutupan ruas jalan tol Surabaya-Gempol sepanjang 6 kilometer [1]. Dampak lain yang ditimbulkan akibat bencana ini adalah terganggunya jalur transportasi Surabaya-Malang dan Surabaya-Banyuwangi serta kota-kota lain di bagian timur pulau Jawa serta terhambatnya aktivitas produksi di kawasan Mojokerto dan Pasuruan yang selama ini merupakan salah satu kawasan industri utama di Jawa Timur. Karena hujan yang mengguyur kawasan tersebut, sehingga berakibat pada jebolnya tanggul yang berada di dekat jalan raya Porong dan mengakibatkan penutupan sementara jalan raya Porong karena air lumpur yang menggenangi jalan tersebut. Penutupan tersebut berdampak pada kemacetan lalu lintas di sekitar jalan raya Porong. Untuk mengatasi masalah tersebut, PT. Jasa Marga meresmikan pembukaan Jalan arteri Porong sepanjang

6,1 kilometer dengan lebar 8 meter [2]. Pembukaan jalan arteri ini diharapkan mampu mengurangi kemacetan di jalan raya Porong. Penelitian yang pernah dilakukan mengenai jalan arteri Porong adalah penelitian yang membahas tentang perancangan geometrik jalan alternatif arteri Porong [3]. Penelitian lain yang dilakukan untuk mengevaluasi efek pembukaan jalan arteri Porong terhadap volume kendaraan harian di jalan tol Waru-Gempol [4], Namun pada penelitian ini efek intervensi masih belum dapat terlihat dengan jelas karena data yang digunakan adalah data volume harian kendaraan. Sedangkan penelitian lain dilakukan untuk mengkaji dampak bencana lumpur Lapindo terhadap volume kendaraan di jalan tol Waru-Gempol [5].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model volume kendaraan di jalan tol Waru-Gempol serta meramalkan volume kendaraan bulanan untuk periode satu tahun kedepan. Ramalan yang didapatkan nantinya digunakan untuk menghitung prediksi pendapatan PT. Jasa Marga untuk periode satu tahun kedepan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Model Autoregressive Integrated Moving Average atau ARIMA (p, d, q)

Model ARIMA (p, d, q) merupakan penggabungan antara model AR (p) dan MA (q) serta proses *differencing* orde d pada data *time series*. Secara umum bentuk model ARIMA (p, d, q) adalah sebagai berikut [6]

$$\phi_p(B)(1-B)^d \dot{Y}_t = \theta_q(B)a_t \quad (1)$$

dengan

$$\dot{Y}_t = Y_t - \mu$$

p = orde dari AR

q = orde dari MA

$$\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$$

$$\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)$$

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ adalah koefisien AR orde p

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ adalah koefisien MA orde q

$(1-B)^d$ menunjukkan operator untuk *differencing* orde d .

Nilai-nilai p dan q dari model ARIMA dapat diduga berdasarkan pola dari plot ACF dan PACF pada data yang telah stasioner. Setelah didapatkan parameter model ARIMA yang telah signifikan, maka dilakukan cek diagnosa untuk

mengetahui apakah residual telah memenuhi asumsi yaitu *white noise* dan berdistribusi normal. Pengujian tersebut adalah sebagai berikut

a. Uji Asumsi *White Noise* untuk Residual

Untuk menguji asumsi ini dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Ljung-Box*. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada buku Wei (2006) halaman 153 [6].

b. Uji Asumsi Kenormalan Residual

Pengujian kenormalan dapat dihitung dengan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov*. Pengujian selengkapnya dapat dilihat pada buku Daniel (1989) halaman 343 [7].

c. Uji Asumsi Homogenitas Varians Residual

Untuk menguji apakah terdapat kasus heteroskedastisitas pada residual model yaitu dengan menggunakan statistik uji *Lagrange Multiplier* (LM). Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_k = 0 \text{ (varians residual homogen)}$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \alpha_i \text{ yang tidak sama dengan nol untuk } i = 1, 2, \dots, K.$$

Statistik uji yang digunakan adalah n^*R^2 , dengan n^* adalah banyaknya residual dan R^2 merupakan koefisien determinasi dari model regresi dari residual berikut

$$\hat{\epsilon}_i^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \hat{\epsilon}_{i-1}^2 + \alpha_2 \hat{\epsilon}_{i-2}^2 + \dots + \alpha_k \hat{\epsilon}_{i-k}^2$$

Nilai n^*R^2 dibandingkan dengan nilai χ_k^2 . Jika nilai $n^*R^2 > \chi_k^2$, maka H_0 akan ditolak, artinya residual tidak bersifat homogen. [8].

B. Analisis Intervensi

Model intervensi merupakan suatu model yang dipergunakan pada saat kejadian khusus (eksternal) diluar perkiraan yang mempengaruhi variabel yang diramalkan. Bentuk umum dari model intervensi adalah sebagai berikut.

$$Y_t = \frac{\omega_s(B)B^b}{\delta_r(B)} X_t + N_t, \tag{4}$$

dengan

Y_t : variabel respon pada saat t yang menunjukkan data yang sudah stasioner

$$\omega_s(B) = \omega_0 - \omega_1 B - \dots - \omega_s B^s$$

$$\delta_r(B) = 1 - \delta_1 B - \dots - \delta_r B^r$$

b : menunjukkan *delay* waktu dimana efek intervensi mulai terjadi

s : menyatakan lamanya pengaruh intervensi

r : menunjukkan pola dari plot residual setelah terjadinya intervensi

X_t : variabel intervensi, bernilai 0 (sebelum intervensi) atau 1 (setelah intervensi)

N_t : model “noise” (yaitu model ARIMA yang sesuai pada data sebelum terjadi intervensi).

Secara umum ada dua macam tipe variabel intervensi yaitu.

(i) Intervensi pada waktu T dan berlanjut pada waktu berikutnya. Pada kondisi ini variabel intervensi merupakan sebuah *step function* yang bernilai sebagai berikut

$$X_t = S_t^{(T)} = \begin{cases} 1 & , t \geq T \\ 0 & , t < T. \end{cases} \tag{5}$$

dimana T adalah waktu mulainya terjadi intervensi.

(ii) Intervensi pada waktu T dan terjadi saat itu saja, dan tidak berlanjut pada waktu selanjutnya. Pada kondisi ini variabel intervensi merupakan sebuah *pulse function* yang bernilai sebagai berikut.

$$X_t = P_t^{(T)} = \begin{cases} 1 & , t = T \\ 0 & , t \neq T. \end{cases} \tag{6}$$

C. Bencana Lumpur Lapindo

Bencana lumpur Lapindo adalah peristiwa menyemburnya lumpur panas di lokasi pengeboran Lapindo Brantas Inc. di Dusun Balongnongo Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur sejak tanggal 29 Mei 2006. Semburan lumpuran panas tersebut menyebabkan tergenangnya kawasan pemukiman, pertanian dan perindustrian, serta mempengaruhi aktivitas perekonomian di Jawa Timur. Genangan lumpur sempat memaksa PT. Jasa Marga menutup sementara jalan tol Surabaya-Gempol yang merupakan urat nadi perekonomian di sebagian wilayah Jawa Timur pada 13 Juni 2006. Namun pada 26 Nopember 2006, pemerintah memutuskan untuk menutup jalan tol Porong-Gempol selamanya. Semburan lumpur panas yang makin besar telah menyebabkan tanah di sekitar jalan tol Porong-Gempol amblas, bahkan pipa gas meledak. Ledakan pipa gas tersebut kemudian diikuti patahnya ruas jalan di km 38.

D. Penyelenggara Jalan Tol Arteri Porong

Jalan arteri Porong dibangun oleh Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo untuk menggantikan ruas jalan tol Porong yang sampai sekarang masih terkena imbas semburan lumpur eksplorasi gas PT. Lapindo Brantas. Pembangunan jalan ini merupakan suatu bentuk solusi mengatasi permasalahan lalu lintas di daerah Porong dan sekitarnya. Jalan arteri Porong ini berawal dari ruas jalan di depan pintu tol Ketapang, Sidoarjo dan berakhir di Kejapanan, Pasuruan. Panjang ruas jalan arteri ini 7,1 km dengan lebar delapan meter dan terdiri dari dua jalur kanan kiri (2x7,1 km). Pengadaan tanah untuk pembangunan jalan arteri membutuhkan tanah seluas 123,77 Ha yang terdiri dari 99,6 Ha di Kabupaten Sidoarjo dan 21,70 Ha di Kabupaten Pasuruan, serta cadangan sisa seluas 2,45 Ha.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah data sekunder tentang volume kendaraan di jalan tol Waru-Gempol dengan sistem terbuka dan tertutup. Jalan tol dengan sistem tertutup ini pengendara menerima tiket masuk pada gerbang tol masuk dan membayar di gerbang tol keluar. Sedangkan jalan tol dengan sistem terbuka ini pengendara memasuki gerbang tol satu kali yang berfungsi sebagai gerbang tol masuk dan keluar, dan langsung membayar di gerbang tersebut. Data yang digunakan adalah data volume kendaraan di jalan tol Waru-Gempol per bulan mulai bulan Januari 2003 sampai dengan bulan Desember 2013 menurut golongan kendaraan. Data diperoleh dari PT. Jasa Marga Persero, Tbk cabang Surabaya-Gempol.

B. Variabel Penelitian

Variabel intervensi yang digunakan pada penelitian ini berupa *step function* dan *pulse function* dengan persamaan sebagai berikut.

- Untuk kenaikan harga BBM (X_{1t}) yaitu pada bulan

Oktober 2005 ($t = 34$)

$$S_{1t} = \begin{cases} 1 & ,t \geq 34 \\ 0 & ,t < 34 \end{cases}$$

- Untuk bencana lumpur Lapindo (X_{2t}) pada bulan Mei

2006 ($t = 41$)

$$S_{2t} = \begin{cases} 1 & ,t \geq 41 \\ 0 & ,t < 41 \end{cases}$$

- Untuk jebolnya tanggul lumpur (X_{3t}) pada bulan April

2007 ($t = 52$)

$$P_{3t} = \begin{cases} 1 & ,t = 52 \\ 0 & ,t \neq 52 \end{cases}$$

- Untuk pembukaan jalan arteri Porong (X_{4t}) pada bulan

Maret 2012 ($t = 111$)

$$S_{4t} = \begin{cases} 1 & ,t \geq 111 \\ 0 & ,t < 111 \end{cases}$$

Variabel yang digunakan dalam penelitian disajikan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1.
Variabel Penelitian

| Variabel | Keterangan | Waktu | Skala |
|----------|-------------------------------|---------|--------|
| Y_{1t} | volume golongan kendaraan I | Bulanan | Jumlah |
| Y_{2t} | volume golongan kendaraan II | Bulanan | Jumlah |
| Y_{3t} | volume golongan kendaraan III | Bulanan | Jumlah |

C. Langkah Analisis

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Menentukan model intervensi.

- Membagi data menjadi dua bagian.
- Menentukan model ARIMA pada data sebelum intervensi, data yang digunakan adalah data bulanan mulai periode Januari 2003 sampai September 2005. Prosedur yang digunakan dalam menentukan model ARIMA pada data sebelum intervensi adalah prosedur Box-Jenkins, sehingga diperoleh

$$Y_{0t} = \frac{\theta_q(B)\Theta_q(B^s)}{\phi_p(B)\Phi_p(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D} a_t$$

c. Menentukan model intervensi.

- Menentukan model intervensi tahap pertama dengan menggunakan model awal (model sebelum intervensi) yang selanjutnya dijadikan *noise model* (N_t) dalam membentuk model intervensi. Pada tahap pembentukan model intervensi, data yang digunakan adalah data bulanan mulai periode Januari 2003 ($t=1$) sampai dengan September 2005 ($t=33$) sebagai model *noise* dan periode Oktober 2005 ($t=34$) sampai dengan April 2006

($t=40$). Tahapan yang dilakukan untuk menentukan model intervensi adalah sebagai berikut.

- Menghitung nilai respon dari intervensi (Y_t^*) yang diperoleh dengan cara melakukan peramalan untuk $t=34$ sampai dengan $t=40$ dengan menggunakan model ARIMA yang telah diperoleh dari tahap sebelumnya, sehingga diperoleh nilai residual untuk data pada $t=34$ sampai dengan $t=40$ yang nantinya akan digunakan untuk menentukan orde intervensi.
- Identifikasi orde model intervensi. Menentukan orde b , r dan s dengan cara membuat plot antara nilai respons (Y_t^*) dan t serta menentukan selang kepercayaan. Selang kepercayaan ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat *outlier*. Selang kepercayaan diperoleh dengan rumus $\pm 2\hat{\sigma}$ dan $\pm 3\hat{\sigma}$, dimana $\hat{\sigma}$ adalah nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) dari model ARIMA.
- Estimasi parameter dan pengujian signifikansi parameter model intervensi dan ARIMA secara simultan. Estimasi parameter dilakukan dengan menggunakan nilai b , r dan s yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. Proses selanjutnya adalah menguji apakah parameter yang diperoleh telah signifikan atau tidak. Setelah didapatkan parameter yang signifikan, dilakukan tahap cek diagnosa yaitu dengan menguji residual dari model, yaitu uji *white noise* dan uji kenormalan residual.

ii. Penentuan model intervensi tahap kedua, ketiga dan keempat mengikuti langkah yang sama pada penentuan model intervensi tahap pertama. Pada tahap ini, data yang digunakan untuk model intervensi kedua, ketiga dan keempat adalah sebagai berikut.

- Data yang digunakan untuk menentukan model intervensi kedua adalah data pada bulan Januari 2003 ($t=1$) sampai dengan Maret 2007 ($t=51$). Untuk menentukan model intervensi, nilai respon ($Y_{41}^*, Y_{42}^*, \dots, Y_{51}^*$) didapatkan dengan melakukan peramalan dengan menggunakan model intervensi pertama, sehingga didapatkan nilai residual pada $t=41$ sampai dengan $t=51$. Selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi parameter serta cek diagnosa pada residual dari model.
- Data yang digunakan untuk menentukan model intervensi ketiga adalah data pada bulan Januari 2003 ($t=1$) sampai dengan Februari 2012 ($t=110$). Untuk menentukan model intervensi, nilai respon ($Y_{52}^*, Y_{53}^*, \dots, Y_{110}^*$) didapatkan dengan melakukan peramalan dengan menggunakan model intervensi kedua, sehingga didapatkan nilai residual pada $t=52$ sampai dengan $t=110$. Selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi

parameter serta cek diagnosa pada residual dari model.

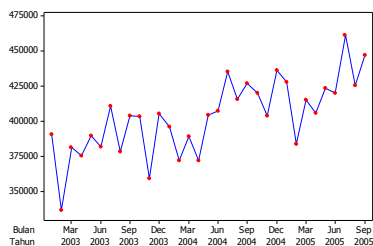
- Data yang digunakan untuk menentukan model intervensi keempat adalah data pada bulan Januari 2003 ($t = 1$) sampai dengan Desember 2013 ($t = 120$). Untuk menentukan model intervensi, nilai respon ($Y_{111}^*, Y_{112}^*, \dots, Y_{120}^*$) didapatkan dengan melakukan peramalan dengan menggunakan model intervensi ketiga, sehingga didapatkan nilai residual pada $t = 111$ sampai dengan $t = 120$. Selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi parameter serta cek diagnosa pada residual dari model.
2. Mengevaluasi perubahan volume kendaraan berdasarkan model intervensi (menghitung dampak intervensi).
 3. Menghitung peramalan volume kendaraan untuk periode satu tahun kedepan. Langkah-langkah untuk melakukan peramalan adalah sebagai berikut.
 - a. Melakukan peramalan terhadap data *out* sampel menggunakan model intervensi yang telah diperoleh.
 - b. Menghitung nilai sMAPE dari peramalan data *out* sampel.
 - c. Melakukan peramalan untuk periode satu tahun kedepan.
 4. Menghitung prediksi pendapatan yang diperoleh PT. Jasa Marga satu tahun ke depan berdasarkan hasil peramalan yang diperoleh.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk dapat mengevaluasi dampak dari bencana lumpur Lapindo dan pembukaan arteri Porong, dapat dilakukan dengan menganalisis empat gerbang tol. Gerbang tol tersebut antara lain gerbang tol Waru-Utama, Waru 1 & Ramp, Sidoarjo 1 dan Sidoarjo 2.

A. *Pemodelan Data Volume Kendaraan sebelum Intervensi dengan Model ARIMA*

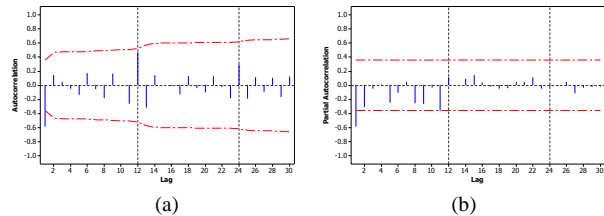
Berikut ini akan dilakukan tahap identifikasi model ARIMA untuk volume kendaraan yang melewati gerbang tol Waru-Utama untuk golongan kendaraan I.



Gambar. 1. Plot Time Series Volume Kendaraan Sebelum Intervensi

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa data volume kendaraan dari bulan Januari 2003 sampai September 2005 terus mengalami tren naik. Hal ini menunjukkan bahwa data belum stasioner dalam *mean* karena rata-ratanya tidak konstan dan masih dipengaruhi oleh waktu. Karena data belum stasioner dalam *mean* maka harus dilakukan *differencing*. Sebelum dilakukan *differencing*, akan dilihat terlebih dahulu kestasioneran data dalam varians dengan menggunakan plot

Box-Cox. Dari hasil Box-Cox didapatkan bahwa nilai $\lambda = 1$ terdapat diantara nilai *Lower CL* dan *Upper CL* maka dapat disimpulkan bahwa data volume kendaraan sebelum intervensi telah stasioner dalam varians sehingga tidak perlu dilakukan transformasi dan bisa langsung dilakukan *differencing* pada data. Berikut adalah plot ACF dan PACF setelah dilakukan *differencing*



Gambar. 2. Plot ACF (a) dan PACf (b) setelah dilakukan *differencing*

Model dugaan yang diperoleh untuk data volume kendaraan yang melewati gerbang tol Waru-Utama untuk golongan kendaraan I adalah ARIMA (0,1,1)(1,0,0)¹², ARIMA (1,1,0)(1,0,0)¹², dan ARIMA (0,1,1)(0,0,1)¹². Parameter untuk masing-masing model telah signifikan dan ketiga model telah memenuhi asumsi residual *white noise* dan residual berdistribusi normal.

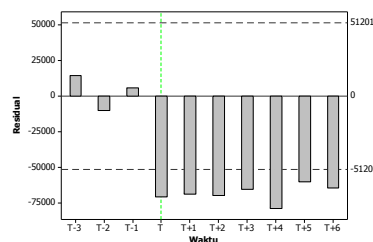
Untuk menentukan model terbaik yang akan digunakan sebagai *noise model* untuk pemodelan intervensi, akan digunakan salah satu kriteria pemilihan model terbaik yaitu sMAPE. Dari hasil pada Tabel 2, model terbaik untuk data volume kendaraan yang melewati gerbang tol Waru-Utama untuk golongan kendaraan I adalah ARIMA (0,1,1)(1,0,0)¹² karena memiliki nilai sMAPE paling kecil.

Tabel 2.

| Kriteria Pemilihan Model Terbaik | | |
|----------------------------------|-------|-------|
| Model ARIMA | sMAPE | RMSE |
| (0,1,1)(1,0,0) ¹² | 3,21 | 17067 |
| (1,1,0)(1,0,0) ¹² | 3,51 | 18919 |
| ¹⁷ | --- | --- |

B. *Pemodelan Intervensi Data Volume Kendaraan*

Selanjutnya model ARIMA tersebut digunakan untuk membentuk model intervensi. Dalam menentukan model intervensi, dapat dilakukan dengan melihat plot residual. Plot residual merupakan besarnya ketidaktepatan (*error*) yang terjadi antara volume kendaraan sesungguhnya dengan volume kendaraan hasil *forecast*.



Gambar. 3. Plot Residual volume kendaraan sampai sebelum Intervensi Kedua

Hasil nilai dugaan awal orde intervensi pertama berdasarkan Gambar 3 adalah $b = 0$ $s = 0$ $r = 0$. Tahap selanjutnya setelah mendapatkan orde intervensi pertama adalah melakukan

estimasi dan uji signifikansi parameter, dilanjutkan dengan cek diagnosa. Dari hasil cek diagnosa didapatkan bahwa residual belum memenuhi asumsi berdistribusi normal. Maka dilakukan deteksi *outlier* agar memenuhi asumsi residual berdistribusi normal yang mengakibatkan model berubah menjadi ARIMAX (0,1,1)(1,0,0)¹².

Tahapan yang sama juga dilakukan untuk analisis intervensi kedua, ketiga dan keempat. Berdasarkan analisis yang dilakukan, terjadi perubahan model ARIMAX setelah memasukkan variabel intervensi kedua ke dalam model. Hal itu dilakukan agar asumsi residual *white noise* dan residual berdistribusi normal dapat terpenuhi.

Secara matematis, model data volume kendaraan yang melewati gerbang tol Waru-Utama untuk golongan kendaraan I setelah adanya intervensi adalah sebagai berikut

$$Y_t = -701533 S_{1t} - 548600B S_{2t} - 280100 P_{3t} + \frac{410834B^5}{(1 + 0,82915B)} S_{4t} + \frac{(1 - 0,69528B + 0,31844B^2)}{(1 - 0,86079B^{12})(1 - B)} a_t - 490925 I_{a,t}^{(2)} \quad (7)$$

dengan $I_{a,t}^{(2)} = \begin{cases} 1, & t = 2 \\ 0, & t \neq 2 \end{cases}$, $S_{1t} = \begin{cases} 1, & t \geq 34 \\ 0, & t < 34 \end{cases}$, $S_{2t} = \begin{cases} 1, & t \geq 41 \\ 0, & t < 41 \end{cases}$,

$P_{3t} = \begin{cases} 1, & t = 52 \\ 0, & t \neq 52 \end{cases}$, $S_{4t} = \begin{cases} 1, & t \geq 111 \\ 0, & t < 111 \end{cases}$.

C. Perhitungan Efek Intervensi

Perhitungan efek dilakukan untuk mengetahui besarnya pengaruh volume kendaraan semenjak adanya keempat kejadian tersebut. Berikut akan dijabarkan perhitungan efek dari keempat intervensi terhadap volume kendaraan di gerbang tol Waru-Utama untuk golongan kendaraan I yang didapatkan dari persamaan berikut.

$$Y_{T+k}^* = -701533S_{1T} - 54860 S_{2T-1} - 28010 P_{3T} + \frac{410834}{(1 + 0,82915 B)} S_{4T-5} \quad (8)$$

1. Perhitungan Efek Intervensi Pertama

Berdasarkan persamaan (8) diketahui bahwa kenaikan harga BBM menurunkan volume kendaraan sebanyak 70154 kendaraan perbulan tepat pada bulan terjadinya kenaikan harga BBM (Oktober 2005) sampai dengan bulan Desember 2012.

2. Perhitungan Efek Intervensi Kedua

Terjadinya bencana lumpur Lapindo menyebabkan penurunan volume kendaraan sebanyak 54860 kendaraan dalam jangka waktu 1 bulan setelah kejadian (pada bulan Juni 2006). Sedangkan penurunan yang diakibatkan oleh kenaikan harga BBM dan bencana lumpur Lapindo secara keseluruhan adalah sebesar 125014 kendaraan tiap bulan pada bulan-bulan tersebut.

3. Perhitungan Efek Intervensi Ketiga

Kejadian jebolnya tanggul lumpur mengakibatkan penurunan volume kendaraan sebanyak 28010 kendaraan pada bulan tersebut (April 2007). Hal ini disebabkan karena kondisi jalan raya Porong yang tidak memungkinkan untuk dilewati sehingga para pengguna harus mengambil jalur alternatif.

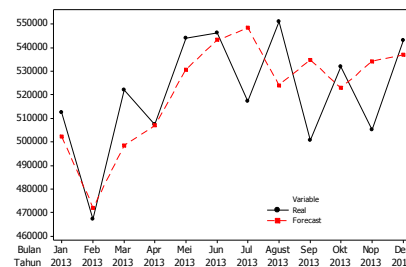
Penurunan yang diakibatkan oleh kenaikan harga BBM, bencana lumpur Lapindo, dan jebolnya tanggul lumpur secara keseluruhan adalah sebesar 153023 kendaraan pada bulan tersebut.

4. Perhitungan Efek Intervensi Keempat

Pada bulan pembukaan jalan arteri Porong yaitu Maret 2012 masih belum memberikan dampak terhadap perubahan volume kendaraan. Namun 5 bulan setelah pembukaan arteri Porong diketahui bahwa kebijakan tersebut dapat menaikkan volume kendaraan sebanyak 41084 kendaraan. Dan juga diketahui bahwa kebijakan tersebut dapat menaikkan volume kendaraan sebanyak 34065 kendaraan pada bulan September 2012, menaikkan volume kendaraan sebanyak 28245 kendaraan pada bulan Oktober 2012, menurunkan volume kendaraan sebanyak 23419 kendaraan pada bulan Nopember 2012 dan menaikkan volume kendaraan sebanyak 19418 kendaraan pada bulan Desember 2012. Sedangkan efek yang ditimbulkan akibat kenaikan harga BBM, bencana lumpur Lapindo, jebolnya tanggul lumpur di dekat jalan raya Porong, kebijakan arteri Porong secara keseluruhan menurunkan volume kendaraan sebanyak 117995 kendaraan pada bulan September 2012, menurunkan volume kendaraan sebanyak 89750 kendaraan pada bulan Oktober 2012, menurunkan volume kendaraan sebanyak 113169 kendaraan pada bulan Nopember 2012 dan menurunkan volume kendaraan sebanyak 93751 kendaraan pada bulan Desember 2012.

D. Peramalan Volume Kendaraan untuk Periode Satu Tahun Kedepan

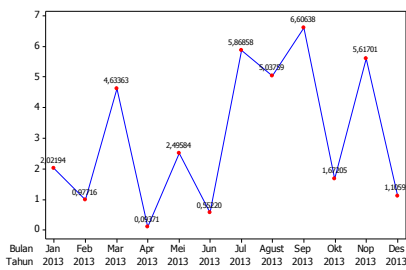
Hasil prediksi volume kendaraan untuk gerbang tol Waru-Utama golongan kendaraan I pada data *out* sampel ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar. 4. Plot Data Volume Kendaraan dengan Data Peramalan

Hasil plot *time series* pada Gambar 4 menunjukkan bahwa peramalan volume kendaraan dengan menggunakan model intervensi memiliki pola plot *time series* yang hampir mendekati dengan pola data sesungguhnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa model tersebut sesuai digunakan untuk meramalkan data volume kendaraan bulan Januari 2013-Desember 2013. Namun Gambar 4 juga menjelaskan bahwa semakin banyak jumlah bulan yang diramalkan, maka pola *time series* antara data peramalan dengan kondisi data sebenarnya semakin berbeda.

Gambar 5 merupakan nilai untuk melihat tingkat keakuratan peramalan. Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui peramalan setelah 6 bulan sebagian besar memiliki nilai SMAPE lebih dari 5%.



Gambar. 5. Plot Nilai sMAPE (%)

Hasil peramalan volume kendaraan jalan tol Waru-Gempol untuk periode satu tahun kedepan ialah 29782711 kendaraan. Dengan kata lain, rata-rata volume kendaraan bulanan yang melewati jalan tol Waru-Gempol pada periode satu tahun kedepan adalah sebesar 2481893 kendaraan.

E. Prediksi Pendapatan untuk Periode Satu Tahun Kedepan

Hasil prediksi pendapatan untuk periode satu tahun kedepan yang dilakukan dengan menggunakan model intervensi yang telah diperoleh ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3.

Prediksi Pendapatan untuk Satu Tahun Kedepan di Jalan Tol Waru-Gempol

| Gerbang Tol | Gol | Prediksi Volume Kendaraan | Tarif Jalan Tol | Prediksi Pendapatan Satu Tahun Kedepan |
|---------------|-----|---------------------------|-----------------|--|
| Waru-Utama | I | 6572425 | Rp 7000 | Rp 42.858.458.000 |
| | II | 1562405 | Rp 9000 | Rp 13.837.340.000 |
| | III | 5442229 | Rp 13000 | Rp 6.981.857.000 |
| | IV | 407125 | Rp 16000 | Rp 6.396.924.000 |
| | V | 144807 | Rp 19500 | Rp 2.769.777.000 |
| Waru 1 & Ramp | I | 5350805 | Rp 4000 | Rp 19.153.230.000 |
| | II | 513991 | Rp 5000 | Rp 2.494.686.000 |
| | III | 151547 | Rp 8000 | Rp 1.197.264.000 |
| | IV | 22653 | Rp 10000 | Rp 220.628.000 |
| | V | 12023 | Rp 12000 | Rp 141.514.500 |
| Sidoarjo 1 | I | 5057241 | Rp 3000 | Rp 15.171.723.000 |
| | II | 297497 | Rp 4000 | Rp 1.189.988.000 |
| | III | 46024 | Rp 5000 | Rp 230.120.000 |
| | IV | 29689 | Rp 6000 | Rp 178.134.000 |
| | V | 11475 | Rp 7000 | Rp 80.325.000 |
| Sidoarjo 2 | I | 6418757 | Rp 4000 | Rp 25.675.028.000 |
| | II | 1578274 | Rp 5000 | Rp 7.891.370.000 |
| | III | 567940 | Rp 8000 | Rp 4.543.520.000 |
| | IV | 361554 | Rp 10000 | Rp 3.615.540.000 |
| | V | 132250 | Rp 12000 | Rp 1.587.000.000 |
| Total | | 29782711 | | Rp 156.214.426.500 |

Tabel 3 merupakan hasil prediksi pendapatan untuk satu tahun kedepan. Hasil ramalan pendapatan untuk periode satu tahun kedepan ialah Rp. 156.214.426.500,- atau dengan kata lain rata-rata pendapatan bulanan untuk periode satu tahun kedepan ialah Rp. 13.017.868.875,-. Pendapatan tertinggi yang didapatkan dimiliki oleh gerbang tol Waru-Utama golongan kendaraan I yaitu Rp. 42.858.458.000,- .

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah hasil pemodelan intervensi menunjukkan bahwa kebijakan kenaikan harga BBM pada bulan Oktober 2005 tidak berpengaruh signifikan pada volume kendaraan yang melewati gerbang tol Sidoarjo 2 untuk semua golongan kendaraan dan gerbang tol Waru 1 & Ramp golongan kendaraan III. Untuk kejadian bencana lumpur Lapindo pada bulan Mei 2006 tidak

memberikan pengaruh signifikan terhadap volume kendaraan yang melewati Gerbang tol Waru 1 & Ramp golongan kendaraan II dan golongan kendaraan III serta Sidoarjo 1 golongan kendaraan I. Kejadian jebolnya tanggul di dekat jalan raya Porong pada bulan April 2007 tidak berpengaruh signifikan terhadap volume kendaraan yang melewati gerbang tol Waru-Utama untuk golongan kendaraan II dan Waru 1 & Ramp golongan kendaraan III. Sedangkan untuk kebijakan pembukaan jalan arteri Porong tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap volume kendaraan yang melewati gerbang tol Sidoarjo 1 untuk golongan kendaraan III.

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah hasil penelitian menunjukkan beberapa model masih memiliki varians residual yang tidak homogen. Sehingga pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan pemodelan GARCH. Data yang digunakan dapat ditambah untuk tahun sebelum 2003 agar didapatkan identifikasi model ARIMA yang lebih tepat. Untuk pemecahan golongan kendaraan III, IV dan V pada peramalan masih menggunakan proporsi pada tahun sebelumnya, pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan metode yang lebih tepat agar didapatkan hasil yang lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Jasa Marga yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian menggunakan data volume kendaraan bulanan jalan tol Waru-Gempol. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada pihak Jurusan Statistika ITS yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jasa Marga. (10 Oktober 2013). Layanan Jalan Tol Surabaya Gempol. Available: <http://www.jasamarga.com/>.
- [2] BPLS. (24 Oktober 2013). Perkembangan Relokasi Jalan Arteri-Siring Porong. Available: <http://www.bpls.go.id/>.
- [3] Y. Irawan. "Perencanaan Geometrik Jalan Alternatif Arteri Porong," Tugas Akhir S1 Teknik Sipil, FTSP, ITS Surabaya (2010).
- [4] P. D. Yunita. "Model Intervensi untuk Evaluasi Pengaruh Pembukaan Arteri Porong terhadap Volume Kendaraan di Jalan Tol Waru Gempol," Tugas Akhir S1 Statistika, FMIPA, ITS Surabaya (2013).
- [5] R. Widyaningsih. "Model Intervensi untuk Evaluasi Dampak Bencana Lumpur Lapindo Terhadap Volume Kendaraan di Jalan Tol," Tugas Akhir S1 Statistika, FMIPA, ITS Surabaya (2008).
- [6] W. W. S. Wei. *Time Series Univariate and Multivariate Methods*. Canada : Addison Wesley Publishing Company, Inc. (2006).
- [7] W. W. Daniel. *Statistika Nonparametrik Terapan*. Jakarta: PT. Gramedia (1989).
- [8] W. Enders. *Applied Econometric Time Series*. New York: John Wiley & Sons, Inc. (1995).